

FORMATION OF FLATTENING LAYER INSULATING FILM

Publication number: JP9082704 (A)

Publication date: 1997-03-28

Inventor(s): NOGUCHI OSAMU +

Applicant(s): SONY CORP +

Classification:

- international: H01L21/316; H01L21/3205; H01L21/768; H01L21/02; H01L21/70; (IPC1-7): H01L21/316; H01L21/3205; H01L21/768

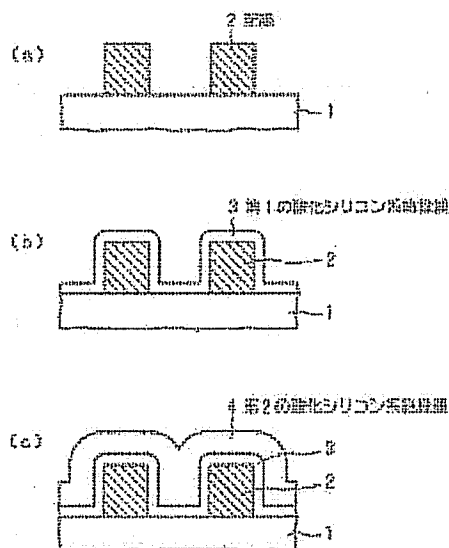
- European:

Application number: JP19950232476 19950911

Priority number(s): JP19950232476 19950911

Abstract of JP 9082704 (A)

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method of forming a flattening layer insulating film which excels in step coverage by reducing the dependence on a substrate of the growth rate of an O₃/TEOS-NSG film. SOLUTION: The first silicon oxide based insulating film 3 of a substrate is conformally formed by a plasma CVD method in which an organic silane based gas, an inorganic silane based gas and an oxidizing gas are used as a raw material gas, and after that, a second silicon oxide based insulating film 4 is formed of an O₃/TEOS-NSG film. Therefore, the first silicon oxide based insulating film 3 has the reduced dependence on a substrate since it has an Si-H linkage.



Data supplied from the *espacenet* database — Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-82704

(43) 公開日 平成9年(1997)3月28日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L	21/316		H 0 1 L 21/316	X
	21/3205		21/88	K
	21/768		21/90	P

審査請求 未請求 請求項の数2 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平7-232476

(22) 出願日 平成7年(1995)9月11日

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 野口 修

長崎県諫早市津久葉町1883番43号 ソニー

長崎株式会社内

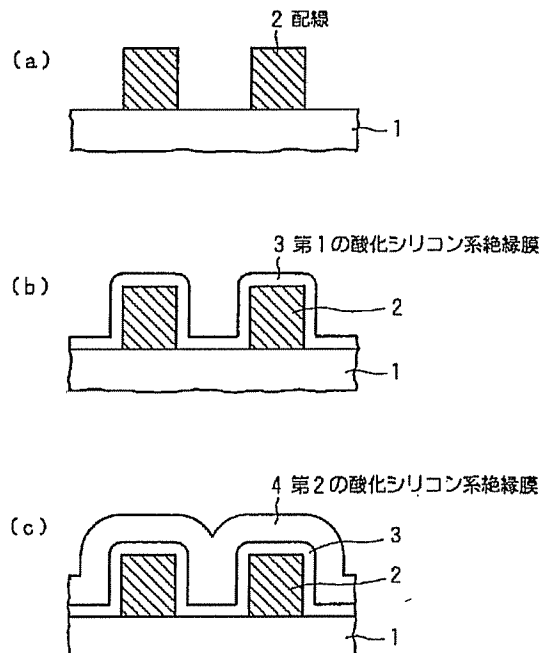
(54) 【発明の名称】 平坦化層間絶縁膜の形成方法

(57) 【要約】

【課題】 O_3 / TEOS-NSG膜の成長速度の下地依存性を低減し、ステップカバレッジに優れた平坦化層間絶縁膜の形成方法を提供する。

【解決手段】 有機シラン系ガス、無機シラン系ガスおよび酸化性ガスを原料ガスとするプラズマCVDにより、下地の第1の酸化シリコン系絶縁膜3をコンフォーマルに形成し、その後 O_3 / TEOS-NSG膜による第2の酸化シリコン系絶縁膜4を形成する。

【効果】 第1の酸化シリコン系絶縁膜3は、Si-H結合を有するので下地依存性が低減される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 有機シラン系ガス、無機シラン系ガスおよび酸化性ガスとを主体とする原料ガスをを用いたプラズマCVD法により、段差を有する下地上に前記段差形状を反映した第1の酸化シリコン系絶縁膜を形成する工程と、
有機シラン系ガスおよび酸化性ガスとを主体とする原料ガスをを用いた熱分解CVD法により、前記第1の酸化シリコン系絶縁膜上に略平坦な表面を有する第2の酸化シリコン系絶縁膜を形成する工程と、
この順に施すことを特徴とする平坦化層間絶縁膜の形成方法。

【請求項2】 第1の酸化シリコン系絶縁膜は、Si-H結合を有することを特徴とする、請求項1記載の平坦化層間絶縁膜の形成方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は平坦化層間絶縁膜の形成方法に関し、更に詳しくは、半導体装置等の製造工程中に生じる段差や凹部を有する被処理基板上に形成する層間絶縁膜の下地依存性を低減し、良好な平坦面を有する平坦化層間絶縁膜の形成方法に関する。

【0002】

【従来の技術】LSI等の半導体装置の高集積化が進展し、そのデザインルールがサブハーフミクロンからクォータミクロンのレベルへと微細化されるに伴い、内部配線のパターン幅も縮小されつつある。一方配線抵抗を低いレベルに保ち信号伝播の遅延や各種マイグレーションを防止するには配線の断面積を確保する必要がある。すなわち配線の高さはある程度必要であることから、配線のアスペクト比、および隣り合う配線間のギャップ（凹部）のアスペクト比は増加の傾向にある。

【0003】かかる微細配線を積層して多層配線として用いる場合には、下層配線により形成された段差やギャップ上に平坦化層間絶縁膜を形成してフラットな表面を確保し、この上に上層配線を形成するプロセスを繰り返すことが必要となる。このため平坦性と膜質にすぐれた層間絶縁膜の形成方法が高集積度半導体装置のキーププロセスの1つとなっている。

【0004】従来より各種の平坦化層間絶縁膜の形成方法が開発されており、例えば月刊セミコンダクター・ワールド誌（プレスジャーナル社刊）1989年11月号81ページにはこれら形成方法の総説が掲載されている。このうち、TEOS（Tetraethyl orthosilicate、あるいは Tetraethoxy silane）等の有機シラン系ガスと、 O_3 等の酸化性ガスとを原料ガスとした減圧CVDないし常圧CVD等の熱分解CVD法による酸化シリコン系の絶縁膜（以下 O_3 /TEOS-NSG膜と記す）は、成膜

時に中間生成物が流動性すなわちセルフフロー性を有するので、下地段差を吸収するギャップフィル能力に優れ、良好な平坦面を形成しうるセルフフロープロセスとして注目されている。

【0005】しかしながら O_3 /TEOS-NSG膜は、その成長速度が成長下地表面の材料により異なる性質、いわゆる下地依存性を有することが一例として電気学会論文誌A、111巻、p652（1991）に報告されている。すなわち、下地材料がSiやAl系金属表面等の極性の小さい材料の場合と、極性の強いシラノール基（ $-Si-OH$ ）で終端した表面を有する SiO_2 等の場合とでは、極性の強い表面の方が成長速度は小さい。このため SiO_2 等の絶縁膜上に形成されたラインアンドスペース状配線上に層間絶縁膜を形成する場合には、Al系金属や多結晶シリコンによる配線間のスペースにボイドが形成され、また膜質もポーラスで吸湿性が大きいので半導体装置の信頼性が低下する原因となる虞れがある。

【0006】 O_3 /TEOS-NSG膜の下地依存性を低減する方法として、アルコール等の有機化合物ガスをを用いて下地材料表面を前処理するか、原料ガス中に添加する方法（特開平6-69197号公報）、 O_3 濃度を成膜中に漸次増加する方法（特開平6-84802号公報）あるいは H_2O （水蒸気）を酸化剤として用いる方法（特開平5-121568号公報）等が提案されている。しかしながら、いずれの方法も下地依存性の低減と、膜質や成膜速度等他の特性を両立しうるまでには至っていない。

【0007】このため、段差を有する下地材料層上に比較的の下地依存性の少ないプラズマCVD法により下層の酸化シリコン系層間絶縁膜をコンフォーマルに形成し、この上にギャップフィル能力に優れた O_3 /TEOS-NSG膜を形成する試みがある。プラズマCVD法による酸化シリコン系絶縁膜も、原料ガスによりその成膜特性が異なり、TEOS等の有機シラン系ガスによる酸化シリコン系絶縁膜（以下P-TEOS膜と記す）と、 SiH_4 等の無機シラン系ガスによる酸化シリコン系絶縁膜（以下P-SiO膜と記す）とでは、P-SiO膜の方が下地依存性が少ない。しかしながら、ステップカバレッジ特性についてはP-TEOS膜は約70%の値が得られるのに対し、P-SiO膜は高々50%であるので、微細な配線間スペースではやはりボイドが発生する虞れが残る。したがって、一般的にはステップカバレッジを重視してP-TEOS膜を O_3 /TEOS-NSG膜の下層層間絶縁膜として採用する場合が多い。各酸化シリコン系絶縁膜の成膜特性を〔表1〕にまとめる。

【0008】

【表1】

酸化膜種類	CVD モード	原料ガス	下地依存性	ステップ カバレッジ
O ₃ /TEOS-NSG	熱分解	TEOS/O ₃	×	○
P-TEOS	プラズマ	TEOS/N ₂ O(O ₂)	△	△
P-SiO	プラズマ	SiH ₄ /N ₂ O(O ₂)	○	×

【0009】

【発明が解決しようとする課題】本発明は上述した従来技術を更に改良し、有機シラン系ガスを用いた熱分解CVD法による酸化シリコン系絶縁膜、すなわちO₃/TEOS-NSG膜を形成するにあたり、下地依存性とステップカバレッジを両立し、優れた平坦面を有する平坦化層間絶縁膜の形成方法を提供することを課題とする。

【0010】本発明の他の課題は、前述した優れた平坦面を有する平坦化層間絶縁膜により、信頼性の高い高集積度の半導体装置等を提供することである。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明の平坦化層間絶縁膜の形成方法は上述の解決するために提案するものであり、有機シラン系ガス、無機シラン系ガスおよび酸化性ガスを主体とする原料ガスを用いたプラズマCVD法により、段差を有する下地上にこの段差形状を反映した第1の酸化シリコン系絶縁膜を形成する工程と、有機シラン系ガスおよび酸化性ガスを主体とする原料ガスを用いた熱分解CVD法により、第1の酸化シリコン系絶縁膜上に略平坦な表面を有する第2の酸化シリコン系絶縁膜を形成する工程を、この順に施すことを特徴とするものである。

【0012】また第1の酸化シリコン系絶縁膜は、Si-H結合を有することを特徴とする。

【0013】O₃/TEOS-NSG膜に代表される有機シラン系化合物を用いた熱分解CVD法が下地依存性を示す機構は必ずしも明らかではないが、プラズマCVD法による下地の酸化シリコン系層間絶縁膜中のSi-H結合の濃度により堆積速度が変化するという報告が第42回応用物理学関係連合講演会（1995年春季年会）講演予稿集p785～p786、講演番号30p-C-7、30p-C-8、30p-C-9にある。これによると、下地の酸化シリコン系層間絶縁膜中のSi-H結合の濃度が大きい程堆積速度は大きくなり、Si上の堆積速度に近ずき、下地依存性は低減する。

【0014】上述した報告例においては、トリメトキシシラン（TMS：SiH（OCH₃）₃）/N₂Oを原料ガスとしたプラズマCVD法を採用し、原料ガス中のN₂Oの混合比を制御することにより酸化シリコン系絶縁膜中のSi-H結合の濃度を高めることが可能であるとしている。TMSは、TEOSと異なり分子中にSi原子に直結したH原子を有することから、かかる制御が

可能となると考えられる。

【0015】本発明者は、従来より用いられてきた、より汎用性の高いTEOSとSiH₄の混合ガスを用いたプラズマCVD法により、下地の酸化シリコン系層間絶縁膜中にSi-H結合を導入することが可能であることを確認し、本発明を完成したのである。

【0016】本発明で採用する有機シラン系ガスとしては、TEOSをはじめとし、Tetramethyl orthosilicate（TMOS）、Diacetoxy ditertialybutoxy silane（DADBS）、Tetraethyl silane（TES）、Tetramethyl silane（TMS）、Octamethyl cyclo-tetrasiloxane（OMCTS）、Tetr aproxy silane（TPOS）、Tetramethyl cyclo-tetrasiloxane（TMCTS）等、他の有機シラン系ガスを適宜使用することができる。置換基としてフッ素を有する有機シラン系ガスを採用してもよい。

【0017】本発明で採用する無機シラン系ガスとしてはSiH₄やSi₂H₆等の高次シランガスを適宜使用することができる。置換基としてフッ素を有するフルオロシラン系ガスを採用してもよい。

【0018】なお、本発明における熱分解CVDは減圧CVD、大気圧（1.01×10⁵Pa）における常圧CVD、あるいは大気圧以上の高圧CVDのいずれであってもよい。また被処理基板やチャンバ内の反応領域に低圧Hgランプやエキシマレーザ等の紫外光を照射する、光励起CVD法を併用してもよい。

【0019】

【実施例】以下、本発明の具体的実施例につき図面を参照しながら説明する。始めに本発明の各実施例で用いる枚葉式CVD装置の構成例につき、図2に示す概略断面図を参照して説明する。

【0020】平坦化層間絶縁膜を形成すべき被処理基板11は、ヒータ13を内蔵する接地電位の基板ステージ12上にセッティングする。RF電源16に接続され、対向電極を兼ねるガスシャワーヘッド14にはTEOS、SiH₄およびN₂O等のガス導入管15が接続されている。これら基板ステージ12、ガスシャワーヘッド14等は図示しないゲートバルブと搬送手段を有するチャンバ17内に収納されている。

【0021】つぎに本発明の基礎となる実験データにつき、図3ないし図5を参照して説明する。TEOS/SiH₄の総流量を一定とし、SiH₄の混合比を変えた場合のP-TEOS膜中のSi-H結合の濃度を図3に示す。同図に見られるように、SiH₄の混合比が増えるに従い、P-TEOS膜中のSi-H結合の濃度も増加することが判る。また同じくSiH₄の混合比を変えた場合のP-TEOS膜のステップカバレッジのデータを図4に示す。同図から明らかなように、SiH₄の混合比が増えるに従い、P-TEOS膜のステップカバレッジは低下する傾向を示す。

【0022】かかるSi-H結合濃度を変えたP-TEOS膜上に、O₃/TEOS-NSG膜を形成したときの下地依存性を図5に示す。この場合の下地依存性とは、SiO₂上の成長速度と、SiやAl系金属上の成長速度の比で定義されるものである。図5は下地のP-TEOS膜中のSi-H結合濃度が増えるに従い下地依存性は低減して1に近づき、ある一定のSi-H結合濃度以上では下地依存性は一定値に飽和することを示している。以上の結果をまとめると、TEOS/SiH₄の総流量中のSiH₄の混合比を最適値に設定することにより、P-TEOS膜のステップカバレッジおよびO₃/TEOS-NSG膜の下地依存性を共に満足する平坦化層間絶縁膜を形成することが可能である。

【0023】実施例1

次に、平坦化層間絶縁膜の形成方法の具体的実施例を説明する。本実施例は、Al系金属配線上に平坦化層間絶縁膜を形成した例であり、これを図1(a)～(c)の概略断面図を参照して説明する。

【0024】本実施例で採用した被処理基板は、図1(a)に示すようにSiO₂等の下層絶縁膜1上に0.35μmのラインアンドスペース状にAl系金属による配線2が形成され、複数の段差を有するものである。配線2の厚さは例えば0.5μmであり、配線および配線間のスペースのアスペクト比は共に1.4である。

【0025】この被処理基板を図2に示したCVD装置の基板ステージ12に載置し、第1の酸化シリコン系絶縁膜3を一例として下記プラズマCVD条件により形成する。

TEOS	800	sccm
SiH ₄	50	sccm
N ₂ O	400	sccm
ガス圧力	1200	Pa
RF電力	410	W
基板温度	390	℃

本CVD条件は、TEOSとSiH₄の混合比を最適化することにより、下地依存性が少なくまたステップカバレッジにも優れたコンフォーマルな、すなわち下地の段差を反映した酸化シリコン系絶縁膜が形成できるものである。この状態を図1(b)に示す。第1の酸化シリコ

ン系絶縁膜3厚さは例えば100nmとする。

【0026】つぎに被処理基板を常圧CVD装置に搬送し、一例として下記条件により第2の酸化シリコン系絶縁膜を形成する。

TEOS	250	sccm
O ₃	200	sccm
ガス圧力	常圧	
基板温度	390	℃

本CVD条件は、O₃/TEOS-NSG膜の形成条件として一般的な条件であるが、下地の第1の酸化シリコン系絶縁膜3中にSi-H結合が導入されていることにより堆積速度が上昇し膜質は緻密であり、下地依存性は少ない。したがって配線2のスペース間のボイドの発生は見られず、良好な平坦面を有する第2の酸化シリコン系絶縁膜4が形成された。この状態を図1(c)に示す。

【0027】この後必要に応じ、図示はしないが極く短時間の化学的機械研磨等で第2の酸化シリコン系絶縁膜4表面の僅かな凸部を除去してもよい。また第2の酸化シリコン系絶縁膜4上にさらに緻密な膜質のキャップ絶縁膜を形成してもよい。

【0028】本実施例によれば、汎用ガスであるTEOS/SiH₄/N₂O混合ガスを用いたプラズマCVDにより段差下地上に第1の酸化シリコン系絶縁膜を形成し、この後O₃/TEOS-NSG膜を形成することにより、下地依存性がなく良好な平坦面を有する平坦化層間絶縁膜を形成することが可能である。

【0029】実施例2

本実施例は、多結晶シリコン配線上に平坦化層間絶縁膜を形成した例であり、これを再び図1(a)～(c)の概略断面図を参照して説明する。

【0030】本実施例で採用した被処理基板は、図1(a)に示すようにSiO₂等の下層絶縁膜1上に0.35μmのラインアンドスペース状に多結晶シリコンによる配線2やゲート電極が形成され、複数の段差を有するものである。配線2の厚さは例えば0.5μmであり、配線および配線間のスペースのアスペクト比は共に1.4である。

【0031】この被処理基板を図2に示したCVD装置の基板ステージ12に載置し、第1の酸化シリコン系絶縁膜3を一例として下記プラズマCVD条件により形成する。

TEOS	800	sccm
SiH ₄	50	sccm
O ₂	350	sccm
ガス圧力	1200	Pa
RF電力	410	W
基板温度	390	℃

本CVD条件は、TEOSとSiH₄の混合比を最適化することにより、下地依存性が少なくまたステップカバ

レッジにも優れたコンフォーマルな、すなわち下地の段差を反映した酸化シリコン系絶縁膜が形成できるものである。この状態を図1(b)に示す。第1の酸化シリコン系絶縁膜3厚さは例えば100nmとする。

【0032】つぎに実施例1と同様な条件により $O_3/TEOS-NSG$ 膜による第2の酸化シリコン系絶縁膜を形成する。本実施例においても多結晶シリコンによる配線2のスペース間のボイドの発生は見られず、良好な平坦面を有する第2の酸化シリコン系絶縁膜4が形成された。この状態を図1(c)に示す。

【0033】この後、図示はしないが極く短時間の化学的機械研磨等で第2の酸化シリコン系絶縁膜4表面の僅かな凸部を除去してもよい。また第2の酸化シリコン系絶縁膜4上にさらに緻密な膜質のキャップ絶縁膜を形成してもよい。

【0034】本実施例によれば、汎用ガスである $TEOS/SiH_4/O_2$ 混合ガスを用いたプラズマCVDにより段差下地上に第1の酸化シリコン系絶縁膜を形成し、この後 $O_3/TEOS-NSG$ 膜を形成することにより、下地依存性がなく良好な平坦面を有する平坦化層間絶縁膜を形成することが可能である。

【0035】以上、本発明を2例の実施例をもって説明したが、本発明はこれら実施例に何ら限定されるものではない。例えば $TEOS$ と SiH_4 の混合比は上述した実施例においては16:1であるが、この混合比は使用するプラズマCVD装置やプラズマCVD条件により予め最適な $Si-H$ 結合濃度を得られるように、適宜条件設定することが望ましい。

【0036】有機シラン系ガスとして $TEOS$ を例示したが、先述したように他の有機シラン系ガスを適宜使用することができる。置換基としてFを有する有機シラン系ガスを用いれば、低誘電率特性を有する $SiOF$ 系の酸化シリコン系材料層を形成することもできる。また無機シラン系ガスとして Si_2H_6 等の高次シランガスやフルオロシランガスを用いてもよい。

【0037】また PH_3 、 B_2H_6 、 AsH_3 やTrimethyl phosphate (TMP)、Trimethyl borate (TMB)等の不純物ソースガスを添加してPSG、BSG、BPSG、AsSG等のシリケートガラスを形成することも可能である。

【0038】その他、希釈ガスとしてHe、Ar、Xe等の希ガスや N_2 を混合して用いてもよい。またプラズマCVD装置として平行平板型の他に、ECRプラズマCVD装置やヘリコン波プラズマCVDあるいは誘導結合プラズマCVD装置等を用いてもよい。

【0039】前述の各実施例は、Al系金属および多結晶シリコン配線上の層間絶縁膜を形成する場合について

例示したが、ポリサイド等他の配線材料層を用いる場合や、最終パッシベーション膜として用いる場合であってもよい。また他の電子デバイス、例えば薄膜磁気ヘッドの絶縁膜等にも適用することもできることは言うまでもない。

【0040】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明によれば有機シラン系ガス、無機シラン系ガスおよび酸化性ガスを主体としたプラズマCVDにより、 $Si-H$ 結合を膜中に有し下地依存性が低減されるとともにステップカバレッジに優れた下層の第1の層間絶縁膜を形成することにより、この後に形成する $O_3/TEOS-NSG$ 膜からなる第2の酸化シリコン系絶縁膜は良好な平坦面を有し、またその膜質も緻密である。したがって、かかる優れた平坦化層間絶縁膜の採用により、信頼性の高い高集積度の半導体装置を提供することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の平坦化層間絶縁膜の形成方法を説明する概略断面図であり、(a)は下層絶縁膜上に配線を形成し高アスペクト比の段差が発生した状態、(b)は第1の酸化シリコン系絶縁膜をコンフォーマルに形成した状態、(c)は第2の酸化シリコン系絶縁膜を形成して平坦化層間絶縁膜を完成した状態である。

【図2】本発明の実施例で用いたプラズマCVD装置の構成例を示す概略断面図である。

【図3】 $TEOS/SiH_4$ 混合ガスの混合比と酸化シリコン系絶縁膜中の $Si-H$ 結合濃度の関係を示す図である。

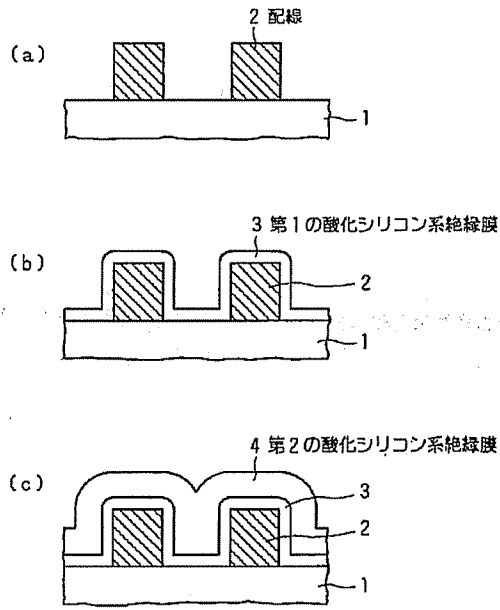
【図4】 $TEOS/SiH_4$ 混合ガスの混合比と酸化シリコン系絶縁膜のステップカバレッジの関係を示す図である。

【図5】下地酸化シリコン系絶縁膜中の $Si-H$ 結合濃度と、 $O_3/TEOS-NSG$ 膜の成膜速度の下地依存性の関係を示す図である。

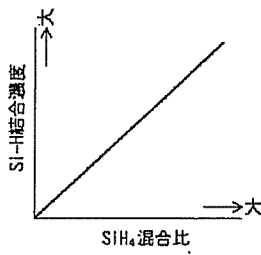
【符号の説明】

- | | |
|----|---------------|
| 1 | 下層絶縁膜 |
| 2 | 配線 |
| 3 | 第1の酸化シリコン系絶縁膜 |
| 4 | 第2の酸化シリコン系絶縁膜 |
| 11 | 被処理基板 |
| 12 | 基板ステージ |
| 13 | ヒータ |
| 14 | ガスシャワーヘッド |
| 15 | ガス導入管 |
| 16 | RF電源 |
| 17 | チャンバ |

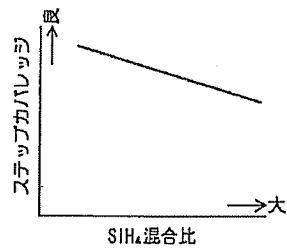
【図1】



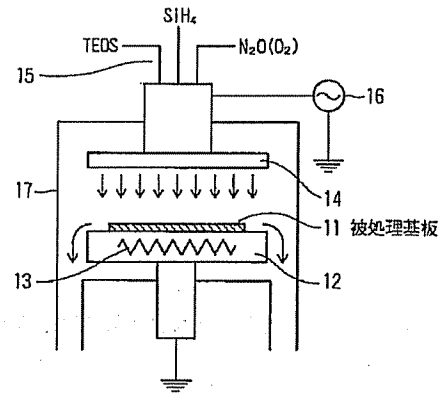
【図3】



【図4】



【図2】



【図5】

